

【专题：面向 2035 年的中国粮食安全战略】

# 资源环境约束下的中国粮食安全：内涵、挑战与政策取向

何可<sup>1</sup>, 宋洪远<sup>2</sup>

(1. 华中农业大学 经济管理学院/湖北农村发展研究中心, 湖北 武汉 430070;  
2. 农业农村部 农村经济研究中心, 北京 100810)

**摘要:**如何在“十四五”时期有效缓解资源环境约束对我国粮食生产的威胁,已成为当前亟待解决的重要问题。本文试图厘清新时代粮食安全的新内涵、新特征,甄别粮食产业可持续发展所面临的资源环境约束,提出保障粮食安全的政策取向。新时代的粮食安全观已不仅仅局限于粮食产量和质量,还涉及纵向维度的供应可持续性和横向维度的多功能性,理念上强调“人地和谐”“万物健康”,生产上兼顾“数量安全”“质量安全”“结构安全”“生态安全”,消费上重视“绿色体验”“康养体验”“多元体验”。当前粮食安全面临水资源、耕地资源、劳动力资源的压力,同时又遭受全球气候变化、农业面源污染及工业外源性污染的威胁。因此,未来政策应注重组织形式高效化、产业模式生态化、生产技术智能化、消费习惯绿色化,从而推动粮食生产从小而美到大而强、从单业态到多业态、从会种地到“慧”种地,推动粮食消费从重产品到重体验转变。

**关键词:**粮食安全;绿色农业;低碳农业;高质量发展;生态补偿

**中图分类号:**F326.11      **文献标志码:**A      **文章编号:**1671-7465(2021)03-0045-13

## 一、引言

粮食安全<sup>①</sup>既是国民经济发展的重要支撑,又是维系社会稳定和国家自立的“压舱石”。作为农业大国,中国自古以来就高度重视粮食安全问题。早在 2000 多年前,《礼记·王制》就提出了“国家无九年之蓄,曰不足;无六年之蓄,曰急;无三年之蓄,曰国非其国也”的论点。及至当前,世界正经历百年未有之大变局,粮食安全被赋予了更为关键的战略地位。2020 年中央一号文件明确指出“确保粮食安全始终是治国理政的头等大事”;习近平总书记在中央全面深化改革委员会第十五次会议上进一步强调“要把保障粮食安全放在突出位置,健全粮食安全制度体系”。

然而,新冠肺炎疫情大流行在呼唤公民生态觉醒的同时,也给各国敲响了粮食安全警钟。正如世界粮食计划署所指出的那样,“在拥有医学上的疫苗前,食物是对抗混乱的最佳‘疫苗’”。已有研究发现,新冠肺炎疫情大流行引发了世界粮食市场异常波动<sup>[1]</sup>,并可能导致 2020 年全球食物不足人数新增 0.83 亿~1.32 亿<sup>②</sup>,特别是对于本就因气候变化等因素而深陷粮食不安全的脆弱国家和脆弱群体而言,更是雪上加霜<sup>[2]</sup>。幸运的是,得益于强有力的政策制度优势,

收稿日期:2021-01-29

**基金项目:**国家自然科学基金青年项目“集约化畜禽养殖有机废弃物循环利用的减碳补偿机理及政策设计研究:基于‘养治统一’与‘养治分离’视角”(71703051);中央高校基本科研业务费专项资金项目“农业碳交易的政策效应评估”(2662020JGPYK06)

**作者简介:**何可,男,华中农业大学经济管理学院副教授,博士生导师,华中农业大学乡村振兴研究院特聘研究员;宋洪远,男,农业农村部农村经济研究中心研究员。

① 本文谈论的粮食安全是从大农业、大食物观出发的,不仅包括谷物等,还包括重要的农林牧渔产品。

② 数据来源:FAO《世界粮食安全与营养状况 2020》。

中国粮食生产依旧取得了一系列突破性成果。近些年来,中国人均粮食占有量持续超过世界平均水平,到2019年超过470公斤,远超400公斤的国际粮食安全线。2020年粮食总产量相比上年增长113亿斤,达到13390亿斤<sup>①</sup>,取得了“十七连丰”的历史性成就。得益于持续稳定的粮食增产,中国成为世界上最早实现联合国千年发展目标的发展中国家,并提前10年实现联合国《2030年可持续发展议程》中消除贫困与饥饿的目标。

虽然中国粮食生产取得了巨大成就,但从当前与长远、国内与国外、生产与消费的整体观视角来看,保障国家粮食安全的任务依旧艰巨,尤其是在资源安全、生态安全等方面存在着许多深层次问题亟待解决<sup>[3]</sup>。一方面表现为资源约束。中国需要依靠9%的耕地和6%的淡水资源,养活世界近20%的人口。另一方面表现为环境约束。农药、化肥等农业生产要素的过量投入,农业废弃物的不合理处置,带来了诸多环境污染问题,不利于粮食可持续生产。如何在“十四五”时期有效缓解资源和环境约束对粮食生产的威胁,在保障粮食绿色安全生产的基础上有效提高粮食品质,已成为当前迫切需要解决的重要问题。有鉴于此,本文在概括新时代粮食安全内涵特征的基础上,甄别保障粮食安全所面临的资源环境约束,并在此基础上尝试提出保障粮食安全的政策取向。

## 二、资源环境约束下粮食安全的内涵特征

### (一) 粮食安全的内涵

粮食安全的概念最早出现在20世纪70年代中期,当时恰逢世界粮食危机,故而较为强调粮食的供应和粮价的稳定。现行国际上通行的粮食安全概念主要源于1996年11月世界粮食峰会(World Food Summit)的定义,即“在个人、家庭、国家、区域和全球各级,当所有人在任何时候都能在物质和经济上获得充足、安全和有营养的食物,以满足其积极和健康生活的饮食需要和食物偏好时,就实现了粮食安全”。之后,联合国粮农组织对该定义进行了发展和完善,从社会平等层面对弱势群体的食物获得问题进行了强调,即“粮食安全是指所有人在任何时候都能在物质、社会和经济上获得充足、安全和有营养的食物,以满足其积极和健康生活的饮食需要和食物偏好”<sup>②</sup>。这一概念与阿玛蒂亚·森(Amartya Sen)的社会福利思想不谋而合。

我国稻谷、小麦和玉米等口粮的自给率已超过95%<sup>③</sup>,库存消费比也远高于联合国粮农组织提出的17%~18%的警戒线,表明我国已基本达成“谷物基本自给、口粮绝对安全”的目标。人们对粮食的消费已不满足于过去“吃饱、吃好”的基本需求,而是有了更高的要求。然而,面对资源与环境压力的日趋紧逼,粮食安全正面临着严峻挑战:其一,资源硬约束日益加剧,人多地少水缺是基本国情,劳动力资源紧缺是粮食生产面临的现实困境;其二,环境污染问题突出,全球气候变化、农业面源污染以及来自城镇的外源污染等问题都对保障粮食安全造成了严重威胁。因此,粮食安全需要实现治理体系和治理能力的现代化<sup>[4]</sup>,其内涵已不仅仅局限于粮食产量、粮食质量、粮食结构,还涉及纵向维度的供应可持续性和横向维度的多功能性(图1)。其中,多功能性又以生态、康养为主。

① 数据来源:国家统计局农村司司长李锁强解读粮食生产情况, [http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjjd/202012/t20201210\\_1808376.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjjd/202012/t20201210_1808376.html)。

② 资料来源:FAO《The State of Food Insecurity in the World 2001》。

③ 数据来源:国务院新闻办公室《中国的粮食安全》白皮书。

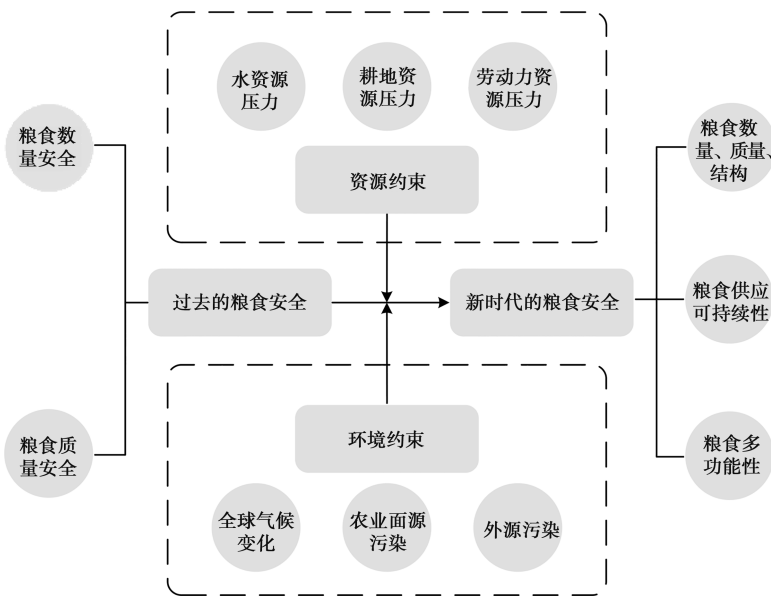


图1 资源环境约束下实现新时代粮食安全目标所面临的挑战

(二) 资源环境约束下粮食安全的特征要求

进入上中等收入国家行列后,中国经济社会主要矛盾已转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾,农业经济也已从拼资源消耗、拼农资投入、拼生态环境粗放经营的高速增长阶段转向突出绿色化、优质化、特色化、品牌化的高质量发展阶段,消费者对粮食的需求也呈现出多层次、个性化、高品质的特点。鉴于此,新时代粮食安全的基本追求不在于如何扩大生产规模,而在于如何推动粮食生产与资源环境承载力相匹配,实现粮食产业全面绿色低碳转型;不在于获得短期产量提高,而在于建立“政府有为,市场有效”相协调的粮食供需机制和生态补偿机制,保障绿色优质粮食的稳定持续供给;不在于获取同质化的粮食产品,而在于追求具有生态、康养功能的多样化食品,重视粮食消费体验带来的幸福感、获得感和安全感。

1. 理念上,强调“人地和谐”与“万物健康”

有土斯有粮。粮食生产对资源环境具有高度依赖性,水资源、土地资源等自然资源的投入必不可少,适宜的生态环境条件也相当重要。然而,传统粮食生产存在“高投入,高消耗,高产出”的特点,引发了一系列人地矛盾,不利于粮食的可持续供应。例如,为扩大粮食种植面积而大量毁林还耕、毁草还耕,致使生态多样性减少;为增加粮食单量而过量使用农用化学品,引发农业面源污染问题;为保障粮食总产量而过度利用耕地,引起基础地力透支。新时代粮食安全观强调秉持“人地和谐”与“万物健康”的理念,注重自然生态与人文生态深度交融,不仅要求保障当代人、后代人的和谐健康,而且还要求保障万物生灵、生态系统的和谐健康。由此,妥善处理好粮食生产消费与资源环境承载力之间的关系,通过“藏粮于地、藏粮于技”战略以及气候智慧型农业发展推进粮食产业全面绿色低碳转型,成为新时代保障国家粮食安全的行动指南。

2. 生产上,兼顾“数量安全”“质量安全”“结构安全”“生态安全”

传统粮食安全观强调粮食数量安全,旨在通过增加产量以保障粮食供给。在温饱问题得到有效解决、口粮绝对安全得到强化保障后,粮食安全被赋予新要求。其一,考虑到粮食需求仍将刚性增长,维护新时代国家粮食安全仍然需要保障粮食的数量、质量达到安全水平;其二,粮食生产结构性问题依然是我国粮食生产面临的挑战<sup>[5]</sup>,水稻、小麦等口粮作物供大于求,带来了相当大的储藏成本,而优质强筋小麦、大豆等却面临着生产不足问题,难以满足市场需求;其三,农田生态系统是碳循环、氮循环不可或缺的组成部分,具有增加碳汇、改善乡村景观、维护生物多样性等功能,故而保障粮食生产符合绿色、低碳的生态标准,促进粮食生产与生态环境保护协调

统一是质量兴农的应有之义。因此,未来需在持续巩固和提升粮食生产能力的基础上,通过“数量、质量、结构、生态”全方位转型,推动粮食生产向更高层次、更高质量、更有效率、更可持续方向发展。

### 3. 消费上,重视“多元体验”“生态体验”“康养体验”

民以食为天。伴随城乡居民消费结构不断升级和体验经济的兴起,许多消费者对粮食的考量已经逐渐从“吃饱”“吃好”向多元、生态、康养转变,更为重视在与自然的交互中表达“悦己”的情感诉求。其一,社会公众对肉类、水果、蔬菜等广义粮食的需求量日益增加,反映了消费者对多元食物的需求。2018年,我国油料、猪牛羊肉、水产品、牛奶、蔬菜和水果的人均占有量分别达到24.7公斤、46.8公斤、46.4公斤、22.1公斤、505.1公斤和184.4公斤,相较1996年分别增长35.7%、55%、72.5%、333.3%、104.2%和176.5%<sup>①</sup>。其二,在“绿水青山就是金山银山”理念深入人心的背景下,倡导“取之有度,用之有节”,关注粮食从农田到餐桌全过程的绿色、低碳已成为新的审美风尚。其三,考虑到人口营养不良及亚健康问题<sup>[6]</sup>,粮食消费的“康养体验”需充分重视。一方面,药食同源理念古已有之,需将中医传统“四性”“五味”理论与西医现代营养学相结合,深入挖掘绿色优质粮食的健康、养生功能;另一方面,将绿色现代粮食产业、优秀传统农耕文化与乡村生态旅游相结合,构建康养新业态,发挥其放松、疗愈身心的作用。

## 三、资源环境约束下保障粮食安全面临的问题挑战

### (一)保障粮食安全的资源约束

#### 1. 水资源压力

在“靠天吃饭”的年代,水资源丰富的地区往往承担着粮仓重任。历史上,无论是“得中原者得天下”的黄淮平原,还是享有“苏常熟,天下足”的太湖平原,“湖广熟,天下足”的长江中下游平原,抑或承担“北粮南运”重任的东北平原,“中粮西运”重任的中原地区,均因水资源开发利用优势等成为天下粮仓。由此可见,水是农田生态环境的控制性要素,也是粮食生产中不可或缺的基础性自然资源。然而,以总量短缺、利用效率不高为特征的水资源压力业已成为威胁我国粮食安全的阻碍因素<sup>[7]</sup>。

#### (1)水资源总量少,空间分布不均

我国是干旱缺水严重的国家,被联合国列为贫水国。虽然2019年全国水资源总量约为29041亿立方米,居于世界前列,但人均水资源占有量却远不及世界平均水平。同时,由于经济发展、人口增长、消费习惯等因素,我国用水量呈增加趋势,2019年全国用水总量约为6021.2亿立方米,较2000年的5498亿立方米增长约9.52%<sup>②</sup>。农业方面,在农业水价综合改革、用水计量统计、节水监督管理等政策的强力推动下,我国农业用水和耕地实际灌溉亩均用水量占比已经有所下降,但农业依旧是用水量最多的,用水量高达3682.3亿立方米。与此同时,我国水资源空间分布严重不均,并引致了区域粮食生产禀赋的差距。南方地区水资源丰富,但耕地资源相对较少,北方地区作为中国主要粮食生产基地,拥有全国64.1%的耕地,水资源量却仅占全国总量19%<sup>[8]</sup>。可以预见,水资源与耕地资源的不匹配,将进一步加剧农业用水压力,并对粮食数量安全形成更为明显的约束和瓶颈作用。

#### (2)水资源利用效率低

我国农业用水效率不高,农田灌溉水有效利用系数与国际先进水平存在较大差距。2019

① 数据来源:国务院新闻办公室《中国的粮食安全》白皮书。

② 数据来源:水利部《2019年中国水资源公报》《2000年中国水资源公报》。



年,我国农田灌溉水有效利用系数为 0.559,尽管已经达到《全国水资源综合规划》《水污染防治行动计划》中设定的 2020 年达到 0.55 以上的目标,但与发达国家 0.7~0.8 的水平相比依旧有较大的提升空间。从各个省(区、市)来看,低于 0.5 的地区包括西藏(0.446)、四川(0.477)、贵州(0.479)、云南(0.485)、重庆(0.499);高于 0.7 的地区仅北京(0.747)、上海(0.738)、天津(0.714)<sup>①</sup>。考虑到农业用水中绝大部分水资源用于农田灌溉,而灌溉用水的粗放、低效利用又反过来进一步加剧了水资源短缺程度。可以推断,这种恶性循环将使我国粮食数量安全所承受的风险加大。另外,部分地区将未经达标处理的污水直接灌溉农田,这种做法表面上提高了水资源利用效率,但因此带来的重金属量远高于肥料,造成粮食重金属超标、产地重金属污染,不利于粮食质量安全、产地生态安全。

## 2. 耕地资源压力

耕地资源是粮食生产最基本的生产要素之一,其数量、质量与粮食生产有着直接关联。大量经验研究和理论研究论证了耕地资源与粮食产量之间的正相关关系,即在一定的科技和管理水平下,耕地资源越丰富,粮食产量越高。中国耕地资源具有人均少、高质量少、可开发少、总量多的“三少一多”特征。这种典型的人地矛盾,决定了农户土地经营规模的有限性<sup>[9]</sup>。我国拥有承包地的农户数量达到 2.07 亿户,但通过土地流转经营达到 30 亩以上的农户只占到全国农户总数的 5%<sup>[10]</sup>。然而,伴随人口增长和消费升级,粮食需求刚性不断增长。预计到 2030 年前后,谷物需求将达到 7.1 亿吨的峰值,这意味着,每年需增产 100 多亿斤<sup>[11]</sup>,由此对耕地数量和质量提出了更高要求。

### (1) 耕地数量少,负荷巨大

2006 年以来,我国在守住“18 亿亩耕地红线”方面功效卓著,目前国内耕地总面积稳定在 20.23 亿亩左右。但一个不争的事实是,可开发为耕地的后备土地资源数量不断减少,加之中国正处在工业化、城镇化的快速推进期,不少耕地被建设占用,耕地资源所承担的粮食数量安全任务日益增大。我国有限的耕地不得不主要生产具有比较优势的主粮,而对“土地密集型”的大豆等广义粮食则高度依赖进口。得益于大豆振兴计划,我国 2020 年大豆播种面积达 1.48 亿亩<sup>②</sup>,产量破历史纪录,但生猪养殖业恢复较快也引起了饲料需求旺盛,大豆进口量突破 1 亿吨,玉米对外依存度仍然超过 80%。尽管从国际市场中进口部分资源性粮食有助于缓解资源环境约束下的国内粮食供应问题,但地缘政治、新冠肺炎疫情等加剧了国际市场的不确定性<sup>[12-13]</sup>，“两个市场、两种资源”利用效能和风险防范仍需加强。与此同时,我国畜禽粪尿产量巨大,而畜禽粪尿还田仍是现阶段的主要处理途径,耕地是其主要消纳场地。只有当畜禽粪尿的排放量低于耕地的消纳能力时,畜禽粪尿才不会对粮食生产多功能性的发挥造成消极影响<sup>[14]</sup>。

### (2) 耕地质量差,地力透支严重

耕地质量保护与提升是现代农业生产中稳定粮食数量和保障粮食质量的核心,更是实现农业可持续发展的关键。人多地少的基本国情使得我国传统粮食生产坚持高投入、超负荷模式,造成耕地质量呈现出中低产田面积大、退化面积大、污染面积大、有机质含量低、补充耕地等级低、基础地力低的“三大三低”特征。根据 2014 年和 2019 年全国耕地质量等级情况公报,近年来我国平均耕地质量呈上升趋势,但评价为 7 至 10 等的耕地约为 5 亿亩(等级越高,质量越差),占耕地总面积的四分之一(图 2)。这部分耕地基础地力相对较差,生产障碍因素突出,且难以在短时间内得到根本改善<sup>[15]</sup>。分区域来看,东北黑土区耕地的主要问题在于黑土层变浅流失,土壤有机质不足;华北及黄淮平原潮土区耕地耕层变浅,部分地区土壤盐渍化严重;长江

① 数据来源:水利部《2019 年中国水资源公报》。

② 数据来源:国家统计局农村司司长李锁强解读粮食生产情况, [http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjjd/202012/t20201210\\_1808376.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjjd/202012/t20201210_1808376.html)。

中下游平原水稻土区耕地则面临着土壤酸化、潜育化的风险,部分地区耕地还存在严重的重金属污染现象;南方丘陵岗地红黄壤区耕地同样存在土壤酸化、潜育化的问题;西北灌溉及黄土型旱作农业区耕地则在面临土壤盐渍化的同时,还伴随沙化和地膜残留污染等问题。

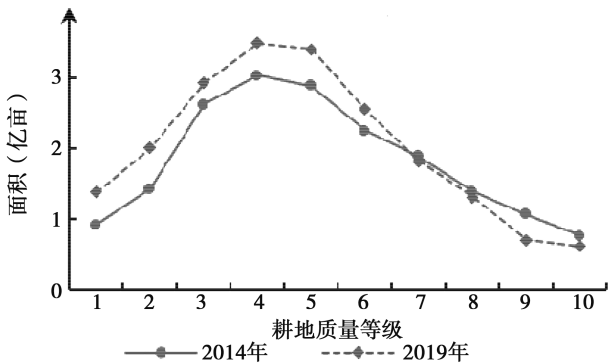


图 2 近年来我国耕地质量分布

数据来源:《全国耕地质量等级情况公报》2014、2019 年。

### 3. 劳动力资源压力

根据发展经济学中经典二元经济模型,劳动力流动的原因是农业部门的劳动生产率低于工业部门,且这种差距会进一步表现为两部门的工资收入差距。由此,现阶段大多数农村青壮年劳动力选择外出务工或迁往县城和大中城市,以获取更高的劳动回报,留在农村的多是“三八、六一、九九部队”,农村地区“老龄化”“空心化”“女性化”现象严重,甚至出现“70 后不愿种地,80 后不会种地,90 后不谈种地,00 后不知种地”的现象。农民工工资水平的上升则使得粮食生产成本不断增加、粮食进口大幅增长,加之农业机械化替代农业劳动力面临技术推广困难和成本上升压力,劳动力资源压力已成为我国粮食安全的又一大挑战。

#### (1) 农村劳动力转移

受到利益驱动,我国农村劳动力资源大量输入第二、第三产业,并与粮食稳定增产保持一致性趋势。合理的劳动力流动能够促使不同产业部门相互协调,有助于提高人均劳动生产率,并分散粮食生产经营所面临的各种风险。由于农业机械化与劳动力之间的要素替代关系,在不适合发展农业机械化的丘陵山区、城市郊区,农村劳动力转移对粮食生产的改善作用会被削弱<sup>[16]</sup>。另一个典型事实是,近年来农村劳动力外流数量以及其占农村总人口比例持续增加(图 3),已超过劳动力转移的“刘易斯拐点”<sup>[17]</sup>。加之农村人口老龄化的加剧,“未来谁来种地”问题成为社会各界人士的担忧。一方面,青壮年劳动力转移使得部分地区出现了不同程度的耕地撂荒现象,或者引起复种指数的人为下降,不利于粮食数量安全;另一方面,留在农村的“三八、六一、九九部队”,由于时间分配、体能水平等约束,通常在粮食绿色生产技术采纳方面劣势明显,不利于粮食质量安全、产地生态安全。

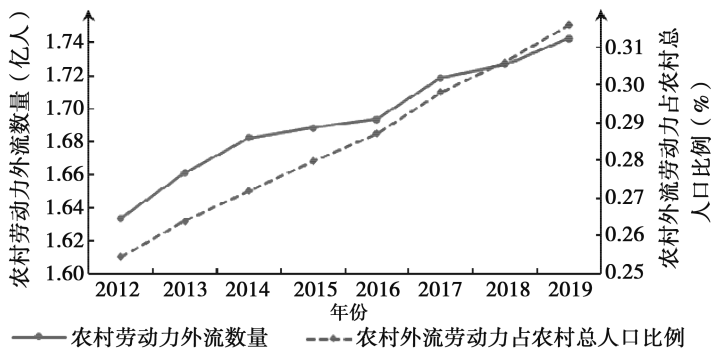


图 3 近年来我国农村劳动力外流情况

数据来源:《中国统计年鉴》2012—2019 年;《农民工监测调查报告》2012—2019 年。

## (2) 劳动力资源浪费

虽然农业富余劳动力的合理转移,减缓了农业劳动力的资源浪费,但农业生产率的低下,在一定程度上掩盖了农业劳动力的隐蔽失业。在过去一段时间内,劳动力在农业部门就业所得收入尚可满足家庭基本生活需要,但由于其劳动能力难以得到充分发挥,农闲时甚至出现劳动力闲置的现象。这种低产出或无产出的劳动力资源配置,导致劳动力资源的浪费,也使得粮食生产在面临资源环境约束时难以保证稳定供给。加之我国农业集约化程度相对较低,农业劳动力资源的浪费加速了资本资源的消耗,从而使得粮食安全面临的资源压力加剧。

### 4. 资源约束下粮食资源的配置

基于供给端的粮食生产资源有效配置、基于需求端的粮食消费产品充分利用是保障我国粮食安全的双重手段。前者体现为“开源”,后者体现为“节流”。遗憾的是,目前我国粮食生产资源配置效率偏低、粮食消费产品浪费问题严重。

#### (1) 粮食生产资源配置效率偏低

由于耕地资源和水资源匮乏,为了满足人口对粮食的巨大需求,我国逐渐提高耕地的集约利用程度并增加农业生产资料投入。农户为了提高粮食产量,大量投入化肥、农药等农资高强度利用耕地,在增加农业生产成本的同时也造成资源浪费,耕地板结、土壤酸化、水污染等问题层出不穷。高强度的耕地利用模式固然实现了粮食的高单产水平,但毋庸置疑的是,此类模式是低效率的,且易引发耕地资源质量下降,既不利于粮食供应的可持续性,也阻碍了粮食生产多功能性的发挥。

#### (2) 粮食浪费问题突出

造成粮食浪费的因素可分为微观、中观和宏观3个层面。微观因素主要是大众餐饮食物浪费,即由于消费者个人决策所产生的“舌尖上的浪费”。中观因素主要体现在收获、干燥、农户储粮、运输、仓储、加工、销售和消费等环节存在的浪费<sup>[18]</sup>。例如,由于收获不及时、收获过程中的漏割和掉落等原因,粮食收获环节将会产生大量损失;由于存粮场所简陋、易引发害虫侵袭、季节性霉变等产生的损耗;由于绿色生产效能不足,未能对粮油类副产品、果蔬类副产品开展综合利用而造成的加工环节损失。在宏观层面,我国粮食库存过于充裕,出库缓慢,陈粮存在损耗风险,加之“转圈粮”质量差而价格低也会造成大量粮食浪费。

## (二) 保障粮食安全的环境约束

### 1. 全球气候变化的约束

温室气体排放引致全球气候变化不断加剧,改变了包括降水量、温度、湿度、风速、日照时数在内的气候变量分布,对粮食生产造成深刻影响<sup>[19-21]</sup>。理论上,气候变化对粮食生产有一定的正面作用,但其负面冲击更为严峻。一是不利于粮食数量安全和质量安全。气候变化会改变农作物生长发育状况,致其品质受损、单位面积产量减少。例如,在气候变暖作用下,水稻成熟天数减少,进而稻米的外观、品质均会受到影响;在干旱地区生产同样数量的粮食要比气候适宜地区消耗更多水资源。二是不利于粮食供应的可持续性。气候变化引发的高温、强降水、旱涝等会对区域粮食供应体系造成极大冲击,从而增大粮食生产的不稳定性。三是不利于粮食生产多功能性的发挥。气候变化扩大了病虫害的适应区域,不仅有可能造成粮食大规模减产,还可能反过来致使农药使用量增加。

从现实来看,我国是全球气候变化的敏感区和影响显著区,气候变化已成为威胁我国粮食产量及稳定性的主要作用因子。1951—2019年间,我国平均气温每10年便升高约0.24℃,升温速率高于同期世界平均水平,极端高温事件也显著增加;年累计暴雨日数亦平均每10年增加

约 3.8%，极端强降水事件也呈增多趋势，而平均年降水日数趋于减少<sup>①</sup>。可以预见，随着全球变暖持续加剧，我国农业仍将面临水灾、旱灾等气候灾害带来的不利影响(图 4)。更有研究预测，到 21 世纪末，气候变化可能使中国水稻、小麦和玉米的产量分别下降 36.25%、18.26% 和 45.10%<sup>[22]</sup>。

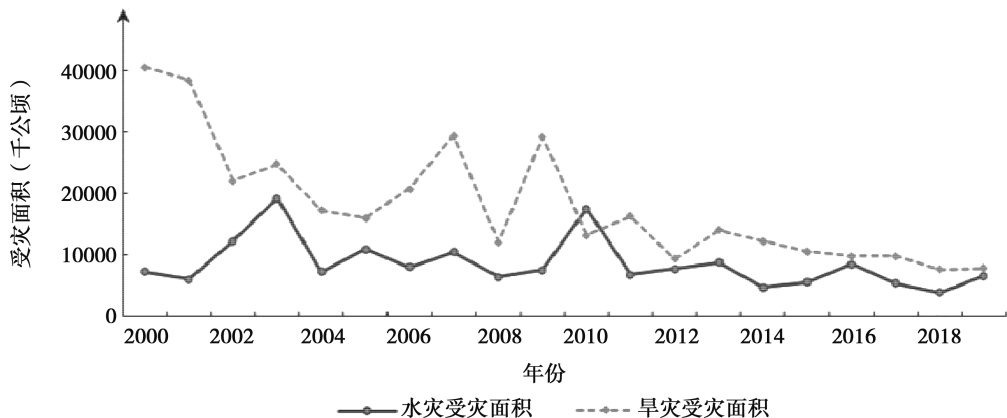


图 4 2000—2019 年我国农业生产受灾面积

数据来源：国家统计局。

## 2. 农业面源污染问题严重

农业面源污染主要源于农用化学品过量施用、农业废弃物的不合理处置等，防控和治理难度较大<sup>[23]</sup>。就农用化学品投入而言，2015 年我国农膜使用量 260 多万吨，而回收利用率不足三分之二<sup>②</sup>，2018 年使用量略有下降，但仍然高达 247 万吨(图 5)。农药残留会流入河塘、沟渠，污染水体，使农产品有毒物质超标；化肥的过量施用使得总磷、总氮等大量污染物进入水体及耕地土壤，污染地下水和耕地并对粮食质量安全、产地生态安全造成影响。尽管我国 2015 年实施的化肥农药使用量零增长行动目标已于 2020 年底顺利实现，但从总量上来看，农药使用量、农用化肥施用折纯量仍然不容乐观(图 5、图 6)。就农业有机废弃物而言，农作物秸秆、畜禽粪尿的不合理处置不仅对地表水、地下水造成污染，其大量堆积还会使得农田过肥，对其造成腐蚀，进而使农田质量降低乃至失去生产能力。据估计，仅 2014 年中国农作物秸秆资源量约为 9.89 亿吨，畜禽粪尿资源量(鲜重)更是高达 26.81 亿吨，而其中不少并未得到合理利用<sup>[14,24]</sup>。

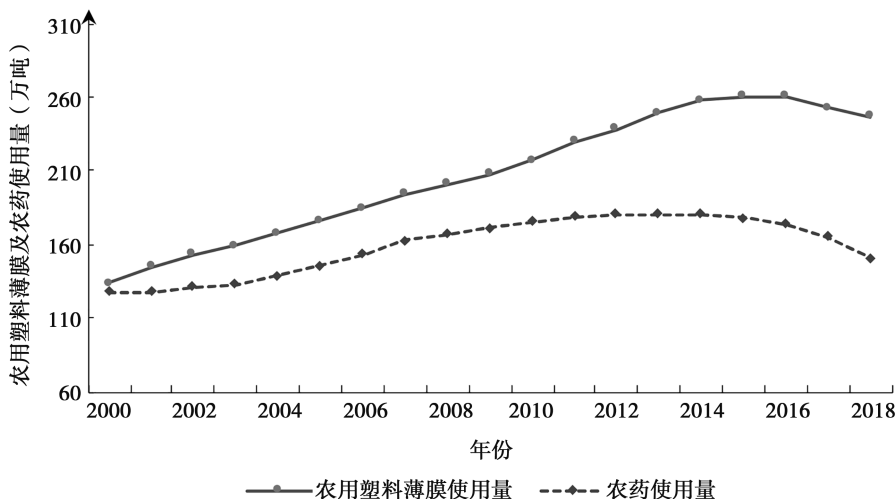


图 5 2000—2018 年我国农用塑料薄膜使用量和农药使用量

数据来源：国家统计局。

① 数据来源：中国气象局气候变化中心《中国气候变化蓝皮书(2020)》。

② 数据来源：农业农村部(原农业部)《农膜回收行动方案》。



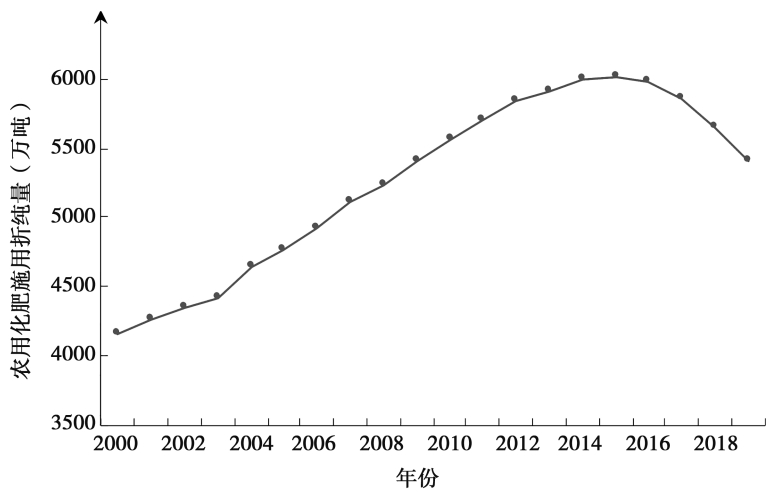


图 6 2000—2019 年我国农用化肥施用折纯量

数据来源:国家统计局。

3. 工业外源性污染向农业农村扩散

粮食安全所面临的环境约束与工业化、城镇化过程中引发的外源性污染不无关系。由于农村地区生产要素价格较为低廉、环境规制较为宽松,大量工业企业将农村视为“污染避难所”,向城郊、农村地界进驻。大量工业外源性污染由城市向农村转移,加之城镇生活污水的过量排放(图 7),其结果必然带来土壤污染加剧,进而导致土地正常功能受限、土质下降。据环境保护部、国土资源部于 2014 年发布的《全国土壤污染状况调查公报》显示,全国受污染耕地约占全部采样耕地的 19.4%,其中重金属污染是元凶之一。更为严重的是,土壤污染物在粮食作物中蓄积,通过食物链逐级富集到人体,进而对人体健康造成威胁。例如,近年来“镉大米”“毒蔬菜”等事件屡屡发生,也引发了国民对粮食质量安全的担忧。

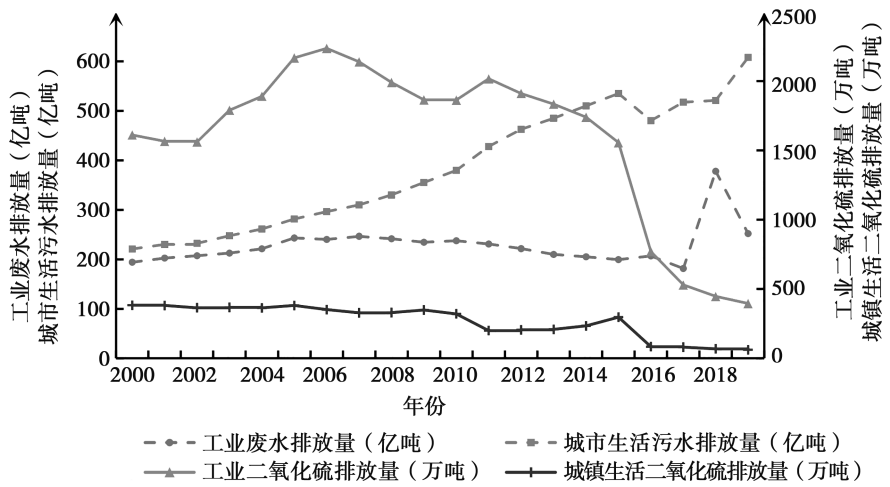


图 7 2000—2019 年工业“三废”和城镇生活等外源污染排放量/产生量

数据来源:《生态环境统计年报》2000—2019 年。

四、资源环境约束下保障粮食安全的政策取向

(一) 组织形式高效化:从小而美到大而强

我国幅员辽阔,各地的水土资源、气候条件等禀赋差异巨大,“小农经济”在当前和今后很长一个时期仍会是常态,亿万小农户对保障粮食安全作用巨大。然而,由于存在规模、投资及经营

能力等方面的约束,单一小农户很难做到集约化、标准化、绿色化的粮食生产<sup>[25]</sup>。加之抗风险能力不强,小农户也是最易受到气候变化影响的脆弱性主体。但中国“小农经济”也蕴含着可观的组织优势与分工潜力。特别是农业机械化的发展,实现了机械对农业劳动力的替代,释放了农村人口红利,加强了生产环节的可分离性,有助于缓解粮食生产所面临的资源环境约束。故而,需正确处理好发展适度规模经营和扶持小农户的关系,改变中国以“小农经济”为主的单一农业生产组织形式,将之纳入报酬递增的分工经济,推动粮食产业做大做强。

其一,发展壮大新型农业经营主体,帮助小农户开展粮食绿色生产。通过“新型农业经营主体+小农户”的形式,提高小农户组织化程度,可以从多个层面缓解资源环境约束对我国粮食安全的限制作用。首先,新型农业经营主体能够发挥示范作用,其本身即是绿色优质粮食供给的重要力量,他们更为关注粮食产业绿色低碳转型,也更加重视粮食生产康养、生态等多功能性的发挥。其次,新型农业经营主体能够发挥带动作用,引领周边小农采用节水、节肥、节药等节约型农业技术,以及有机肥、微生物肥料、生物农药、可降解农膜等新型绿色农资,从而改善农业面源污染,保障粮食质量和产地生态安全。最后,新型农业经营主体能够提高小农户合作层次和规模,有助于提高农业生产资源的利用效率,降低粮食绿色生产成本。例如,通过联耕联种、共享用工的方式提升劳动力资源的利用效率;通过整合水土资源提升小农户应对气候变化的能力,帮助小农户发展绿色农业。

其二,积极探索农业生产托管服务,帮助小农户开展粮食绿色生产。农业生产托管本质上是农户服务外包,帮助农户完成粮食生产。由于不改变土地承包关系,在农业生产托管过程中,农户或农业经营主体不是粮食生产的参与者,而是利益分享者。在适度交易半径内,通过农业生产托管组织的专业化、标准化服务,将符合绿色低碳理念的新品种、新技术、新装备等要素导入粮食生产过程,有助于切实解决过去“小农经济”经营方式粗放、高碳等问题,缓解传统农业生产方式对资源与环境造成的压力,在保证粮食产量和品质的基础上,促进农业生产和资源环境的协调发展。因此,要大力培育适应不同地区、不同产业小农户的农业作业环节需求的生产托管服务,为小农户提供符合“一控两减三基本”要求的多样化服务,切实帮助小农户提高粮食生产的绿色、低碳效率。

## (二) 产业模式生态化:从单业态到多业态

受低收入弹性、有限市场容量的制约,加之水资源和耕地资源总量不足、利用不合理等的影响,传统单业态、单功能粮食产业不但难以激发种粮主体积极性,也不利于生态环境保护。尤其是面对全球气候变化带来的环境约束,保障粮食安全更应从高碳、单一粮食系统向低碳、复合粮食系统转变,提升粮食产业的稳定性和抗风险能力。故而,需将“绿色+”“低碳+”全方位融入粮食生产各个环节,走多业态融合发展之路,突破传统粮食产业边界和功能边界,追求生态要素、经济要素乃至文化要素的融合。由此,可通过产业模式生态化优化农业资源配置,并缓解水资源、耕地资源及劳动力资源对粮食生产的约束,为提高粮食数量与质量,实现粮食供给可持续性、粮食生产多功能性提供保障。

其一,推进种养结合,实现农牧双赢。推动种养业生产由“资源—粮食—农业废弃物”的“单程式经济”,向“资源—粮食—农业废弃物—再生资源”的绿色低碳经济转变,可有效提高农业资源利用效率,缓解农作物秸秆、畜禽粪尿等农业有机废弃物的不合理处置带来的农业面源污染,并有助于推动实现“碳达峰”和“碳中和”。在种养结合诸多实践中,稻田种养结合尤其是“稻虾共作”模式的生态环境效应尤为显著。该模式将水稻种植与水产养殖结合,不仅提高农户种粮积极性,更实现了“一水两用,一田双收,粮渔共赢”<sup>[26]</sup>。可以预期,发展以“稻虾共作”模式为代表的种养结合农业将是资源环境约束下解决粮食安全问题的有效抓手。

其二,推进农林结合,实现林茂粮丰。联合国粮农组织于2016年发布的《世界森林状况》指

出,当前迫切需要促进农业与林业之间更多的良性互动,建设可持续的农业系统和保障粮食安全。在实践中,农林废弃物来源广泛、种类繁多,是食用菌生产的良好基质。我国食用菌产量世界第一,是继粮、油、果、蔬后的第五大农作物,食用菌产业亦是农村“空心化”“女性化”背景下农户增收致富的重要渠道、农业减排增汇的重要手段<sup>[27]</sup>,因而其在粮食安全中扮演的角色不容小觑。在有限资源环境的约束下,以发展食用菌等产业为契机促进农林结合,不失为保障粮食安全问题的良好辅助措施。

### (三) 生产技术智能化:从会种地到“慧”种地

如前所述,伴随农业劳动力不断向非农行业转移,粮食生产面临的劳动力刚性约束亦逐渐增强,粮食的生产成本、从事粮食生产工作的机会成本也随之双双提高。基础设施能够降低粮食生产成本<sup>[28]</sup>,而互联网是“新基建”的重要内容。倘若能够为粮食生产插上物联网、云计算等新兴科技的翅膀,以较少的劳动力投入,实现智能化生产,那么,不仅粮食产业所面临的劳动力约束能够得到有效缓解,水资源、耕地资源等自然资源的利用效率也将大为提高。尤其是在新冠肺炎疫情全球大流行的当下,农户亦能从“锄禾日当午,汗滴禾下土”式的传统生产方式转向“无接触式安全、绿色种粮”。要通过生产技术智能化缓解资源环境约束对我国粮食安全的威胁,以下两个方面的努力必不可少。

其一,以物联网技术推动粮食绿色生产的“智慧化”。物联网对实现粮食生产的智能管控和科学管理具有重要意义。通过开发和推广农业无线管理系统、育种信息化设备、遥感监测等智慧农业管理体系,构建粮食生产“互联网”生产体系,能够帮助农户实现智能化灌溉、精准施肥、精准打药等精细化、流水线化的操作,从而有效节约资源、降低污染,缓解粮食生产对生态环境造成的压力。从现实来看,在大数据战略和数字乡村战略的强力实施下,中国已有良好的粮食绿色生产“智慧化”基础。光纤和4G已基本实现行政村全覆盖,5G建设、空天网络基础设施建设亦处于世界前列,应用物联网监测设施开展农机深松整地作业面积累计超过1.5亿亩<sup>①</sup>,2019年全国县域数字农业农村发展总体水平亦达到36.0%<sup>②</sup>。但仍需指出的是,当前物联网设备的前期投入成本、后期维护成本依旧高昂,加之部分粮食生产经营主体可能因缺乏相关知识而对无人机、机器人不信任,以物联网技术推动粮食绿色生产的“智慧化”依旧任重道远。

其二,以云计算技术推动粮食信息的“共享化”。中国政府颁布的《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》(农规发[2019]33号)中强调通过加快生产经营数字化改造,促进粮食产业普惠共享。可通过成立专门的信息收集部门,以资源整合、数据共享为途径,建立起包括种质资源、高新技术研发、社会化服务、市场供给需求信息、农业气象、农业政策等在内的区域性共享数据库。进一步,还需通过村委会宣传、开发手机APP等方式,保障农业生产经营主体能够获得区域性共享数据库的信息。一方面,粮食产业利益相关者之间充分的信息交流,有助于实现粮食产供销环节顺畅对接,增强粮食供应的可持续性,缓解粮食浪费问题。另一方面,及时、准确的气候信息预警,有助于粮食生产经营主体更好地规避气候风险。

### (四) 消费习惯绿色化:从重产品到重体验

生态环境污染引致的食品安全事件凸显了粮食产业“绿色”的重要性。粮食安全始于农田,终于餐桌,在从生产者角度努力确保粮食数量安全、质量安全、结构安全和生态安全的同时,也应从消费者视角回溯,倒逼粮食产地对生态环境污染进行治理与预防,以期从源头缓解乃至消除生态环境污染问题对粮食安全的影响。在生产与消费过程中,绿色优质粮食兼具公共品与私人品的双重属性,政府干预是相对普遍的<sup>[29]</sup>。消费习惯的绿色化既需要政府引导,又要充分发

① 数据来源:农业农村部、中央网络安全和信息化委员会办公室《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》。

② 数据来源:农业农村部《2020全国县域数字农业农村发展水平评价报告》。

挥市场机制的作用,推动粮食生态性、康养性的这种“公共品”性质外显为可交易、可体验的“市场品”。

其一,增强公众对绿色优质粮食的价值认知与溢价付费意愿。在家庭经营和资源配置市场化的前提下,除了生产要素市场的价格信息,农业生产者还会参考粮食产品市场的价格信息,从而在比较中做出行为决策。换言之,消费者对粮食产业康养、生态属性的价值认识及付费意愿,也间接影响了农民种粮和地方抓粮的收益和积极性。需建立“政府有为,市场有效”相协调的粮食供需机制和生态补偿机制,帮助人们在粮食消费中体验乡愁、关怀与品位,疗愈身体与心灵,营造社会崇尚“舌尖上的绿色”的舆论氛围。

其二,倡导多元、生态和康养导向的膳食结构,减少食物浪费。我国城乡居民膳食结构正在发生变化,动物蛋白质消费高速增长,饮食品种日趋多样,但整体上仍存在结构问题。在2017年全球20个人口最多的国家中,中国因饮食结构问题而造成的心血管疾病死亡率、癌症死亡率排名第一<sup>[30]</sup>。因而从大农业、大食物观的角度来看,在继续主张饮食多样化的同时,还需倡导生态、康养导向的膳食结构,引导消费者购买绿色优质粮食。此外,减少食品浪费也是国家粮食安全战略的重要内容,需加快《反食品浪费法》《粮食安全保障法》等法律的相关立法进程,更严格地约束食品浪费现象,如此方可更有效地助力粮食安全。

## 参考文献:

- [1]程国强,朱信凯,樊胜根,等.知名专家学者谈新冠肺炎疫情对世界粮食安全和中国农业影响[J].世界农业,2020(5):4-6.
- [2]陈志钢,詹悦,张玉梅,等.新冠肺炎疫情对全球食物安全的影响及对策[J].中国农村经济,2020(5):2-12.
- [3]李周.粮食主产区生态安全研究[J].学习与探索,2020(8):88-94.
- [4]何秀荣.国家粮食安全治理体系和治理能力现代化[J].中国农村经济,2020(6):12-15.
- [5]成升魁,徐增让,谢高地,等.中国粮食安全百年变化历程[J].农学报,2018,8(1):186-192.
- [6]黄季焜,王济民,解伟,等.现代农业转型发展与食物安全供求趋势研究[J].中国工程科学,2019,21(5):1-9.
- [7]宋洪远.实现粮食供求平衡 保障国家粮食安全[J].南京农业大学学报(社会科学版),2016,16(4):1-11,155.
- [8]刘昌明,赵彦琦.中国实现水需求零增长的可能性探讨[J].中国科学院院刊,2012,27(4):439-446.
- [9]罗必良.小农经营、功能转换与策略选择——兼论小农户与现代农业融合发展的“第三条道路”[J].农业经济问题,2020(1):29-47.
- [10]韩俊.加快发展农业生产托管 推进社会化服务高质量发展[J].农村工作通讯,2020(21):4-8.
- [11]杜鹰.中国的粮食安全战略(下)[J].农村工作通讯,2020(22):17-21.
- [12]尹成杰.后疫情时代粮食发展与粮食安全[J].农业经济问题,2021(1):4-13.
- [13]张红宇.牢牢掌握粮食安全主动权[J].农业经济问题,2021(1):14-18.
- [14]何可.农业废弃物资源化生态补偿[M].北京:人民出版社,2019.
- [15]姜长云.中国农业发展的问题、趋势与加快农业发展方式转变的方向[J].江淮论坛,2015(5):26-35.
- [16]钟甫宁,陆五一,徐志刚.农村劳动力外出务工不利于粮食生产吗?——对农户要素替代与种植结构调整行为及约束条件的解析[J].中国农村经济,2016(7):36-47.
- [17]刘守英,章元.“刘易斯转折点”的区域测度与战略选择:国家统计局7万户抽样农户证据[J].改革,2014(5):75-81.
- [18]宋洪远.丰年不忘灾年 坚决遏制“舌尖上的浪费”[N].人民日报,2020-10-27(8).
- [19]樊纲,苏铭,曹静.最终消费与碳减排责任的经济分析[J].经济研究,2010,45(1):4-14,64.
- [20]樊胜根.从国际视野看中国农业经济研究[J].农业经济问题,2020(10):4-8.
- [21]刘燕华,钱凤魁,王文涛,等.应对气候变化的适应技术框架研究[J].中国人口·资源与环境,2013,23



- (5):1-6.
- [22] Zhang P, Zhang J, Chen M. Economic Impacts of Climate Change on Agriculture: The Importance of Additional Climatic Variables other than Temperature and Precipitation [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2017, 83: 8-31.
- [23] 温铁军. 新农村建设中的生态农业与环保农村[J]. 环境保护, 2007(1):25-27.
- [24] 何可,张俊飏,张露,等. 人际信任、制度信任与农民环境治理参与意愿——以农业废弃物资源化为例[J]. 管理世界, 2015(5):75-88.
- [25] 张俊飏, 颜廷武. 未来谁来种地——培育壮大新型农业经营主体[M]. 北京:中国农业出版社, 2019.
- [26] 宋洪远, 何可. 政策性金融支持低碳农业的模式设计及风险管理研究——以“虾稻共作”为例[J]. 农村金融研究, 2020(10):3-10.
- [27] 何可, 张俊飏, 丰军辉. 自我雇佣型农村妇女的农业技术需求意愿及其影响因素分析——以农业废弃物基质产业技术为例[J]. 中国农村观察, 2014(4):84-94.
- [28] 朱晶, 晋乐. 农业基础设施与粮食生产成本的关联度[J]. 改革, 2016(11):74-84.
- [29] 黄祖辉. 农业农村优先发展的制度体系建构[J]. 中国农村经济, 2020(6):8-12.
- [30] GBD 2017 Diet Collaborators. Health Effects of Dietary Risks in 195 Countries, 1990-2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. The Lancet, 2019, 393(10184):1958-1972.

(责任编辑:蒋玮)

## China's Food Security Under the Constraints of Resources and Environment: Connotation, Challenges and Policy Orientation

HE Ke, SONG Hongyuan

**Abstract:** How to effectively alleviate the threat of resource and environment constraints to China's grain production in the period of the 14th Five-Year Plan has become an urgent and important issue. This paper attempts to identify the connotation and characteristics of food security in the new era, clarify the resource and environment constraints to food security, and put forward policy to ensure food security. It holds that in the new era, food security includes not only the quantity and quality of the grain production, but also the sustainable supply and versatility. Specifically, the ideology of food security emphasizes harmony and health, and the production reconciles the quantity, quality, structure and ecological security, while consumption focuses on multiple, green and health experience. At present, food security is under the pressure from water, arable land and labor resources, and facing the threats from global climate change, agricultural non-point source pollution and industrial exogenous pollution. Therefore, future policies should focus on developing efficient organizational forms, ecological industrial modes, intelligent production technologies and green consumption habits. In this way, the grain production modes and levels could be greatly upgraded from the small and the beautiful productions to the large and the strong productions, from single agriculture to multiple agri-industries and from the know-how farming to the wisdom farming, as well as from emphasis on products to emphasis on experience in grain consumption.

**Keywords:** Food Security; Green Agriculture; Low-carbon Agriculture; High Quality Development; Ecological Compensation